

# Bir Fresnel Yoğunlaştırıcı Kolektörün Tasarımı için İlk Tasarım Parametrelerinin Araştırılması

Zeynel A. Fıratoglu<sup>1\*</sup>, Yusuf İşikel<sup>2</sup>, Bülent Yeşilata<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müh., Şanlıurfa, Türkiye,  
fıratoglu@harran.edu.tr, yusuf47@harran.edu.tr, byesilata@harran.edu.tr4

## Özet

Bu çalışmanın amacı tasarımı planlanan bir fresnel yoğunlaştırıcı kolektör için ilk tasarım parametrelerini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda düzenlenen bir deney düzeneği üzerinde, ışınım şiddeti ölçümleri yapılmıştır. 14 farklı odak uzaklıklarında yapılan ölçümlerde ışınım şiddetinin eksponansel arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca üç farklı odak uzaklığı için geometrik yoğunlaştırma oranı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda yaklaşık olarak fresnel uzunluğuna yakın bir odak uzaklığında, geometrik yoğunlaştırma oranının 100'ün üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu değer özellikle orta sıcaklık uygulamaları için literatürde önerilen orandır. Fresnel lens uzunluğuna eşit bir odak uzaklığı, özellikle yüksek sıcaklık uygulamalarında fresnel lens yoğunlaştırıcıları kolektör şeklinde bir konstrüksiyon ile tasarlama imkânı verecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Fresnel, Yoğunlaştırıcı, Kolektör, Tasarım

## Investigation of Initial Design Parameters for designing a Fresnel Concentrator Collector

### Abstract

The aim of study is to design the initial design parameters for a fresnel concentrator collector, which is planned to be designed. For this purpose, radiation intensity measurements were made on an experimental setup. It has been found that the radiation intensity increases exponentially in measurements made at 14 different focus lengths. In addition, the geometric concentration ratio (C) has been calculated for three different focus lengths. It has been found that in the calculations made, the geometric concentration ratio at a focal distance close to the fresnel length is greater than 100. This value is particularly recommended in the literature for high temperature applications. A focus length equal to the Fresnel lens length, especially in medium temperature applications, will allow the fresnel concentrator to be designed with a collector-like construction.

**Keywords:** Fresnel, Concentrator, Collector, Design

## 1. GİRİŞ

Güneş enerjisi sistemlerinde orta veya yüksek sıcaklıkta ısı elde etmenin tek yolu yoğunlaştırıcı güneş enerji sistemleridir. Bu tür sistemler ticarileşme oranları diğer güneş enerji sistemlerine nazaran çok düşük kaldığından tüm dünyada özellikle de ülkemizde kullanımları oldukça düşük seviyelerde kalmıştır. Yoğunlaştırıcı güneş enerji sistemlerinde parabolik çukur, fresnel, parabolik çanak ve heliostat-güneş kulesi şeklinde dört farklı yöntem izlenebilir [1]. Bu yöntemler arasında parabolik çukur ve heliostat-güneş kulesi ticarileşme açısından nispeten daha önde uygulamalardır. Bu iki uygulama ve parabolik çanak uygulaması kirlenme, yüksek rüzgâr yükleri, ağır konstrüksiyon gereksinimi v.b. dezavantajlarından dolayı önerilen projenin birincil amacını karşılamada oldukça yetersiz kalmaktadırlar. Hafifliğinden dolayı ağır bir konstrüksiyon istememesi, yere yakın montajının mümkün olmasından dolayı rüzgâr direncini düşük, kolay temizlenebilme, sistem geometrisinde yapılacak değişiklikler ile farklı yoğunlaştırma oranı yanı sıra farklı sıcaklıklar elde etme esnekliği v.b. özelliklerinden dolayı günümüzde yoğunlaştırıcı olarak fresnel lens kullanılan uygulamalar ön plana çıkmaktadır [2]. Fresnel lenslerin üretiminde süreçlerinin yüksek teknoloji istememesi, cama yakın bir kırılma indeksine sahip olmaları ve polimetilmetakrilat (PMMA) benzeri hafif ve maliyet açısından uygun, esnek plastikler ile üretilebilmeleri gibi ne-

(\*) Corresponding author

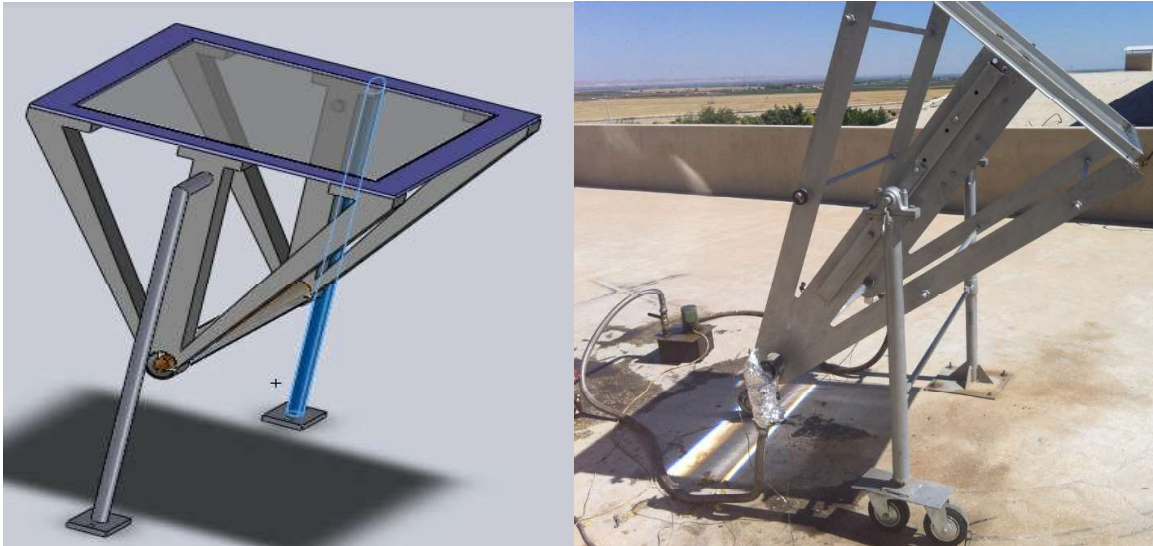
denler ön plana çıkmalarındaki diğer önemli parametrelerdir [3]. Fresnel lenslerin diğer yoğunlaştırıcılara göre işletme sırasındaki önemli bir üstünlüğü güneşi takip sisteminde olabilecek küçük sapmaları törele etme özellikleridir [4]. Bu özellik Fresnel lens bir yüzü düz diğer yüzü bir dizi prizmatik faset şeklindedir. Bu fasetler gelen ışığı küçük bir odak noktasına gelecek şekilde tasarlanır [5]. Bu özelliğinde dolayı farklı bir çok uygulamada kullanılabilir. Örneğin bina içi aydınlatma derecesini artırmak amacıyla bina açıklıklarına monte edilerek daha fazla güneş ışınımının bina girmesini temin etmesi [6].

Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi uygulamalarında, yoğunlaştırıcı olarak fresnel kullanılması durumunda (i) imaging ve (ii) non-imaging şeklinde iki seçenek söz konusudur. Non-imaging uygulamalar güneş takip sistemindeki küçük sapmalarını törele etme esnekliği, yüksek yoğunlaştırma oranı ve kısa odak uzaklığı gibi artularından dolayı imaging sistemlerine göre daha yaygın kullanılmaktadır [2]. Fresnel lensin non imaging uygulamalarında yüksek yoğunlaştırma oranı ve üniform bir yoğunlaştırma elde etmek için fresnel lens konveks şeklinde tasarlanabilir. Konveks tasarım odak noktası uzaklığı dolayısıyla geometrik yoğunlaşma oranının önemli derece artırma imkanı vermektedir [7]. Yoğunlaştırıcılar ve özellikle fresnel lens uygulamalarında kritik tasarım parametresi odak noktası ile lens arasındaki uzaklıktır [8] Çünkü bu uzaklık sistemin etkinliğini belirleyen yoğunlaştırıcı yüzey alanının yutucu yüzey alanına oranı olan geometrik yoğunlaştırma oranını ( $C$ ) belirleyen büyüklüktür.

Yoğunlaştırıcı güneş sistemlerini endüstrinin iri ufaklı her kesiminin kullanımına yanı yaygınlaşmasının tek yöntemi söz konusu bu sistemleri konvansiyonel termal kollektör benzeri bir paket ürüne dönüştürülmesidir. Bunun önündeki en büyük engel özellikle yüksek ( $C > 100$ ) ve orta ( $10 < C < 100$ ) sıcaklık uygulamalarında odak uzaklığının büyüklüğünden dolayı sistemlerin büyük konstrüksiyonlara gereksinim duymasındır. Yukarıda verilen literatürden anlaşılacağı üzere bu sorunun aşılması yönünde en esnek uygulama fresnel lens uygulamasıdır. Araştırma grubumuz orta sıcaklık uygulamaları için işletme kolaylığı sağlayan yeni bir yoğunlaştırıcı termal kollektör tasarımını hedeflemektedir. Bu tasarım endüstrinin önemli bir kesiminin güneş enerjisine yönelmesini sağlayacaktır. Bu çalışma hedeflenen tasarım için ilk tasarım parametrelerini belirlemeye yönelik bir deneysel adımdır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada ölçümler için kullanılan deney setinin katı model tasarımı ve fotoğrafı Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere tasarlanan fresnel lensin üzerine yerleştirdiği bir konstrüksiyon şeklinde tasarlanmıştır. Ayrıca tasarlanan deney seti manuel güneşi takip esnekliğine sahiptir. Ölçümlerde 64 kanallı Hioki marka dataloggere bağlı bir piranometre ile gerçekleştirilmiştir.  $1\text{m}^2$  kesit alanına sahip fresnel lens düz bir şekilde tasarlanan konstrüksiyonun üzerine yerleştirilmiş ve ölçümler sırasında manuel güneşi takip etmesi sağlanmıştır.



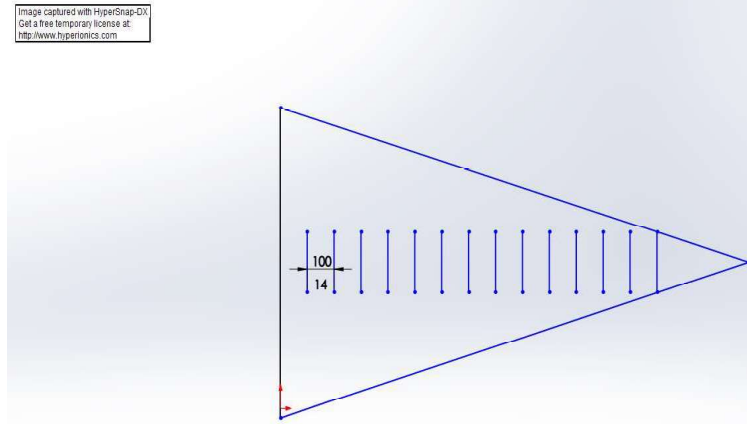
Şekil 1. Ölçümler için tasarlanan deney setinin katı model tasarımı ve fotoğrafı.

## 3. BULGULAR

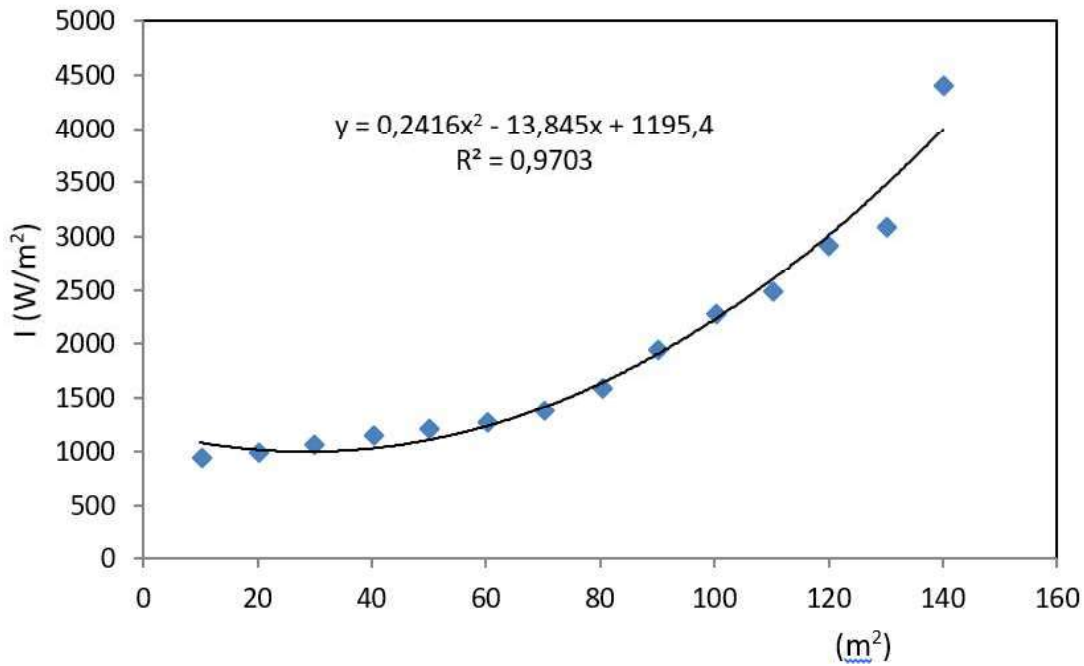
Ölçümlerde, amaç gelecekte tasarlanacak yoğunlaştırıcı termal, fotovoltaik veya ikisi birleşik bir sistem için tasarım parametrelerini belirlenmesidir. İlk etapta fresnel lensin merkezinden itibaren Şekil 2'de görülebilecek şekilde 100mm aralığıyla güneş ışınım şiddeti ölçülmüştür. Yapılan ölçümler Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere lens merkezinden uzaklaştıkça yani odak noktasına yaklaştıkça ışınım şiddeti eksponansiyel artmaktadır. Ölçümler sırasında Fresnel lens ile aynı düzlemde ışınım şiddeti  $1138\text{ W/m}^2$  ölçülmüştür. Alınan ölçümlerden anlaşılacağı üzere odağa yaklaştıkça ışınım şiddeti yoğunlaştırma yapılmamış bir sisteme nazaran yaklaşık dört kat artmaktadır. Odak noktasına yaklaştıkça ışınım şiddeti artarken bekleneneği üzere termal sistemlerde kullanılacak yutucu absorban veya fotovoltaik

panel yüzeyi küçülür. Bekleneceği üzere bu küçülme sistemde istenmeyen bir durumdur. Bu olumsuzluğu gidermenin yolu ihtiyaca bağlı olarak geometrik yoğunlaştırma oranını minimal seviye getirmektir. Fresnel yüzey alanının absorban veya fotovoltaik panel yüzey alanına oranı şeklinde tanımlanan geometrik yoğunlaştırma oranını tanımlamak amacıyla üç ölçüm alınmıştır.

İlk ölçüm fresnel merkezinden 1186 mm uzaklığa konumlandırılmıştır. Bu uzaklıkta yapılan ölçümlerde lensin odak alanının 0.00936 m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Lensin 1 m<sup>2</sup> alanı olduğu düşünülürse bu ölçüm noktasında geometrik yoğunlaştırma oranı yaklaşık 106.84 olmaktadır. Diğer iki ölçüm noktası ile ilgili veriler Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 2. Ölçüm noktaları



Şekil 3. Ölçülen ışınım şiddetinin odak uzaklığına göre dağılımı.

Tablo 1. Geometrik yoğunlaştırma oranının tespiti için alınan ölçümler.

Ölçü noktası	Lens merkezinde uzaklık (mm)	Ölçülen Işınım şiddeti (W/m <sup>2</sup> )	Yutucu alan (m <sup>2</sup> )	geometrik yoğunlaştırma oranı
1	1186	2925	0.00936	106.84
2	961	2096	0.0187	53.476
3	735	1482	0.0280	35.714

#### 4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan ölçümler hesaplamalardan anlaşılacağı üzere odak uzaklığı azaldıkça geometrik yoğunlaşma oranı dramatik olarak azalmaktadır. Diğer yandan sistemin taşıyacak konstrüksiyonun büyüklüğü ise bekleneceği üzere odak uzaklığıyla doğrudan ilişkilidir. Yani odak uzaklığı ne kadar yüksek ise sistemi taşıyacak konstrüksiyonda o oranda büyüyecektir. Yukarıda da değinildiği üzere yoğunlaştırılmış güneş enerji sistemlerinin bir paket ürün veya yaygınlaşmamasının önündeki en büyük engel konstrüksiyon büyüklüğüdür. Gerek yapılan ölçümler ve gerekse incelenen literatürden, bu engeli aşmanın iki olası yöntemi olabilir: (i) fresnel lensi konveks şekilde siteme monte etme, (ii) fresnel lens ile yutucu yüzey

arasındaki boşluğu ikinci bir yoğunlaştırıcı olacak şekilde tasarlamak. Tablo 1'deki verilerden anlaşılacağı üzere orta sıcaklık uygulamalarında ( $10 < C < 100$ ) odak uzaklığı küçüldüğünden paket bir ürün elde etme olanağı olasıdır.

## 5. REFERANSLAR

- [1] Zhenga H., Feng C., Su Y., Daj J., Ma., (2014), Design and experimental analysis of a cylindrical compound Fresnel solar concentrator, *Solar Energy*, 107, 26-37.
- [2] Xie , W.T., Dai y.J., Wang R.Z., Sumathy K., (2011), Concentrated solar energy applications using Fresnel lenses: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 2588–2606.
- [3] Xie W.T., Dai Y.J., Wang R.Z., (2011), Numerical and experimental analysis of a point focus solar collector using high concentration imaging PMMA Fresnel lens, *Energy Conversion and Management*, 52, 2417–2426.
- [4] Perini S., Tonnellier X., King P., Sansom C., (2017), Theoretical and experimental analysis of an innovative dual-axis tracking linear Fresnel lenses concentrated solar thermal collector, *Solar Energy*, 153, 679–690
- [5] Yeh N., (2009), Optical geometry approach for elliptical Fresnel lens design and chromatic aberration, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 93, 1309–1317.
- [6] Tripanagnostopoulos Y., (2007), Siabekou Ch., Tonui J. K., The Fresnel lens concept for solar control of buildings, *Solar Energy*, 81, 661–675.
- [7] MaX., Zheng H., Tian M., (2016) Optimize the shape of curved-Fresnel lens to maximize its transmittance, *Solar Energy*, 127, 285–293.
- [8] Yeh N., Yeh P., (2016), Analysis of point-focused, non-imaging Fresnel lenses' concentration profile and manufacture parameters, *Renewable Energy*, 85, 514-523.